

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 7 日
Date of Application:

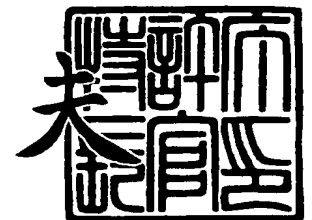
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 6 0 7 9 1
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 6 0 7 9 1]

出 願 人 株 式 会 社 日 立 製 作 所
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 K03000591A

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 森永 諭

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 石川 千明

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津 2 8 8 0 番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 宮本 詔文

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1



【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果ヘッド

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反強磁性層と、該反強磁性層上に形成された磁化方向が固定されている固定層と、該固定層上に形成された非磁性層と、該非磁性層上に形成された自由層、該自由層の磁区制御を行うための磁区制御膜と、前記反強磁性層、固定層、非磁性層及び自由層の積層体に電流を供給する一対の電極膜を有しており、

浮上面から見た自由層幅を幾何トラック幅 $\text{Twr_geo}(\text{nm})$ と定義しこれを x で表したとき、

磁区制御膜の磁化膜厚積 $\text{Br} \cdot t (\text{G} \cdot \mu\text{m})$ が、 $-2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 116 \leq \text{Br} \cdot t < 3.75 \cdot 10^{-1} x + 130$ 、かつ $40 \leq x < 160$ で規定されるような幾何トラック幅と磁区制御膜を有することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 2】

反強磁性層と、該反強磁性層上に形成された磁化方向が固定されている固定層と、該固定層上に形成された非磁性層と、該非磁性層上に形成された自由層、該自由層の磁区制御を行うための磁区制御膜と、前記反強磁性層、固定層、非磁性層及び自由層の積層体に電流を供給する一対の電極膜を有しており、

浮上面から見た自由層幅を幾何トラック幅 $\text{Twr_geo}(\text{nm})$ と定義しこれを x で表したとき、

磁区制御膜の磁化膜厚積 $\text{Br} \cdot t (\text{G} \cdot \mu\text{m})$ が、 $-2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 151 \leq \text{Br} \cdot t < 3.75 \cdot 10^{-1} x + 165$ 、かつ $40 \leq x < 160$ で規定されるような幾何トラック幅と磁区制御膜を有することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 3】

下地層と、該下地層上に形成された自由層と、該自由層の磁区制御を行うための磁区制御膜と、該自由層上に形成された非磁性層と、該非磁性層上に形成された磁化方向が固定されている固定層と、該固定層の磁化を固定している反強磁性層と、前記下地層、自由層、非磁性層、固定層及び反強磁性層の積層体に電流を供給する一対の電極膜を有しており、

浮上面から見た自由層幅を幾何トラック幅 $\text{Twr_geo}(\text{nm})$ と定義しこれを x で表したとき、

磁区制御膜の磁化膜厚積 $\text{Br} \cdot t (\text{G} \cdot \mu\text{m})$ が、 $-2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 116 \leq \text{Br} \cdot t < 3.75 \cdot 10^{-1} x + 130$ 、かつ $40 \leq x < 160$ で規定されるような幾何トラック幅と磁区制御膜を有することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 4】

下地層と、該下地層上に形成された自由層と、該自由層の磁区制御を行うための磁区制御膜と、該自由層上に形成された非磁性層と、該非磁性層上に形成された磁化方向が固定されている固定層と、該固定層の磁化を固定している反強磁性層と、前記下地層、自由層、非磁性層、固定層及び反強磁性層の積層体に電流を供給する一対の電極膜を有しており、

浮上面から見た自由層幅を幾何トラック幅 $\text{Twr_geo}(\text{nm})$ と定義しこれを x で表したとき、

磁区制御膜の磁化膜厚積 $\text{Br} \cdot t (\text{G} \cdot \mu\text{m})$ が、 $-2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 151 \leq \text{Br} \cdot t < 3.75 \cdot 10^{-1} x + 165$ 、かつ $40 \leq x < 160$ で規定されるような幾何トラック幅と磁区制御膜を有することを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 5】

請求項1乃至4のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッドであって、前記磁区制御膜が、少なくともPtの原子%が4～30%であるCoPt合金であるか、更にCrの原子%が2～15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO₂もしくはCoCrPt-SiO₂である1枚の磁性膜からなることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 6】

請求項1乃至4のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッドであって、前記磁区制御膜が、少なくとも2枚以上の磁性膜が、Ru, Cr, Ir, Rh, Os, Re, Au, Ag, Cuもしくはこれらの合金である非磁性膜を介して反強磁性結合した積層膜から成っており、この構成要素である磁性膜は少なくともPtの原子%が4～30%であるCoPt合金、Crの原子%が2～15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO₂もしくはCoCrPt-SiO₂である磁性膜、又は、FeもしくはNiを含有している軟磁性を有する磁性膜であることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 7】

請求項1乃至4に記載の磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記磁区制御膜は2層の磁性膜を有し非磁性膜を介して反強磁性結合した積層膜であり、前記磁区制御膜の磁化膜厚積 $Br \cdot t$ は、前記2層の磁性層のそれぞれの残留磁束密度を Br_1 , Br_2 、それぞれの膜厚を t_1 , t_2 とした場合、 $Br \cdot t = Br_1 \cdot t_1 - Br_2 \cdot t_2$ により定められることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 8】

請求項1乃至4に記載の磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記磁区制御膜は3層の磁性膜を有し非磁性膜を介して反強磁性結合した積層膜であり、前記磁区制御膜の磁化膜厚積 $Br \cdot t$ は、前記3層の磁性層のそれぞれの残留磁束密度を Br_1 , Br_2 , Br_3 、それぞれの膜厚を t_1 , t_2 , t_3 とした場合、 $Br \cdot t = Br_1 \cdot t_1 - Br_2 \cdot t_2 + Br_3 \cdot t_3$ により定められることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 9】

請求項1乃至8のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッドを再生ヘッドとして持ち、面内記録用のライトヘッドを持つ磁気ヘッド。

【請求項 10】

請求項1乃至8のいずれかに記載の磁気抵抗効果ヘッドを再生ヘッドとして持ち、垂直記録用のライトヘッドを持つ磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は磁気抵抗効果を利用して磁気記録媒体から記録を読み取る、磁気抵抗効果ヘッドに関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

ハードディスクドライブ (HDD) において、磁気記録媒体 (ハードディスク) 上の記録を読んだり、記録を書き込んだりする役割を果たしているのが、磁気ヘッドである。磁気ヘッドは、磁気記録媒体に磁化信号として情報を記録する書き込みヘッド (ライトヘッド) と、磁気記録媒体に磁化信号として記録された信号

を読み取る再生ヘッド（リードヘッド）から構成されている。再生ヘッドは複数の磁性薄膜及び非磁性薄膜からなる磁気抵抗効果積層体から構成されおり、磁気抵抗効果を利用して信号を読み取るため、磁気抵抗効果ヘッドと呼ばれる。磁気抵抗効果ヘッドの積層構造にはいくつかの種類があり、その用いる磁気抵抗の原理からAMRヘッド、GMRヘッド、CPP-GMRヘッド、TMRヘッドなどに分類される。それぞれAMR（磁気抵抗効果）、GMR（巨大磁気抵抗効果）、CPP-GMR効果（Current Perpendicular Plane GMR効果）、TMR（トンネル磁気抵抗効果）を用いて、磁気記録媒体から再生ヘッドに入ってくる入力磁界を電圧変化として取り出している。

【0003】

磁気抵抗効果ヘッドの磁気抵抗効果積層体の中で、磁気記録媒体からの入力磁界を受け磁化回転する磁性層を自由層と呼ぶ。バルクハウゼンノイズなどの各種ノイズを抑制したり、出力の非対称性を制御するためには自由層をトラック幅方向に単磁区化することが重要となる。自由層が単磁区化しておらず磁区を持っていると、磁気記録媒体からの入力磁界を受けて磁壁移動が発生しノイズの原因となる。

【0004】

自由層を単磁区化するための磁区制御の方法として、例えば特許文献1に示されているように、自由層の両端に磁石膜からなる磁区制御膜を配置し、磁石膜から生じるトラック幅方向の磁界を用いる方法がある。この方法で磁区制御を行なった磁気抵抗ヘッドを浮上面から見た簡略図を図10に示す。反強磁性膜5によって磁化が固定された軟磁性膜4（固定層と呼ぶ）の上に非磁性層3を挟んで自由層2があり、その上部に自由層の酸化を防止するためのキャップ層1がある。この自由層2の幅を幾何トラック幅 Twr_{geo} と呼ぶ。1から5の磁気抵抗効果積層体の両端はミリング等によって削られ、図10に示すように、浮上面からみると素子は台形状をしている。この素子の両端に下地膜9を挟んで磁石膜からなる磁区制御膜8を配置するのがこの構造の特徴である。磁区制御膜の上部に下地膜7を挟んで電極6を積層する。この構造は磁区制御膜8から生じる磁界を用いて自由層2の磁化分布を制御し自由層を単磁区化している。

【0005】

また、別の磁区制御の方法として、例えば特許文献2に示されているように、長い自由層の両端に反強磁性膜を積層し、反強磁性膜と自由層との交換結合を用いる方法がある。この方法で磁区制御を行なった磁気抵抗効果ヘッドを浮上面から見たときの簡略図を図11に示す。反強磁性膜5によって磁化が固定された軟磁性膜4（固定層と呼ぶ）の上に非磁性層3を挟んで自由層2があり、その上部の両端に反強磁性膜12を積層することがこの構造の特徴である。反強磁性膜12と自由層2の間に働く交換相互作用によって磁区制御を行う。自由層2は磁気記録媒体上に書かれたトラック幅より広く作られており、その端部領域が固定されている構成になっている。よって、この構造では自由層の反強磁性膜と反強磁性膜の間の部分（感磁部と呼ぶ） T_w で記録を読み取ることになる。上部の反強磁性膜12の上に下地膜11を挟んで電極膜10が積層される。この下地膜11はなくても良い。

【0006】

後者の反強磁性膜を用いる方式は、自由層の両端に反強磁性膜を積層するプロセスが非常に難しいため、現在一般的には前者の磁石膜を用いる方式が用いられている。

【0007】

【特許文献1】

特開平3-125311号公報

【特許文献2】

米国特許第4663685号

【特許文献3】

特開平11-273030号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

自由層の両側に磁区制御膜を配置する図10に示したような磁区制御方式では、素子出力の安定性を確保するために磁区制御力を強くすると、磁区制御膜と自由層が接する端部での磁界強度が強過ぎてしまい、媒体磁界に対して自由層の磁化が回転しにくくなる領域、つまり不感帯が増加する。不感帯領域を減少させるに

は、単純には膜厚を減らすなどして磁区制御力を弱くすれば良いが、このようにした場合、逆にバルクハウゼンノイズの発生や、トランスファーカーブのヒステリシスに起因する波形変動の発生や出力の非対称性(Asymmetry)増大などの不具合が生じるため、適正な磁区制御力が必要となる。ここで、トランスファーカーブとは入力磁界の大きさとヘッド出力との関係を示し、磁気ヘッドの入出力基本特性を表している。出力は入力磁界に対して線形に変化することが求められる。よって望ましいトランスファーカーブは直線である。

【0009】

自由層の両側に磁区制御膜を配置する図10に示したような磁区制御方式を用いる場合、トランスファーカーブの線形性を保ちつつ、出力を大きく稼ぐ（トランスファーカーブの傾きを急峻にする）必要がある。そのためには、磁区制御膜の磁化膜厚積を最適化する必要がある。例えば特許文献3で示されているように、再生トラック幅、再生ギャップ膜厚、感磁層の飽和磁化膜厚積の値に応じた永久磁石膜の残留磁化膜厚積を設定する方法がある。特許文献3での磁化比の規定はSAL膜を持つMRヘッドについてのものであり、トラック幅500nm以上のMRヘッドを用いた実験値を用いこれを基準として計算モデルを作成しており、その結果をフィッティングして数式を導出している。よって、この規定の狭トラック磁気抵抗効果GMRヘッドへの適用は難しい。

【0010】

近年の磁気ヘッドのトラック幅は非常に狭く、自由層全体が交換結合により一様に回転し易くなっているということと、磁区制御膜近傍のみならず自由層全体に渡って磁区制御磁界が印加されているということから、磁化膜厚積条件を厳密に求める必要がある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明は、単層磁性膜もしくは非磁性体を介して反強磁性結合した磁性膜からなる磁区制御膜を持つ狭トラック磁気抵抗効果ヘッドにおいて、従来想定されるより小さい磁化膜厚積で磁区制御が可能であることを見出し、その範囲を幾何トラック幅に対して規定した。磁区制御膜の磁化膜厚積を本発明の規定範囲内にす

ることで、従来よりも出力大であり、かつトランスファーカーブにヒステリシスが無く出力変動のない安定な出力を持つような磁気ヘッドを実現できる。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る磁気抵抗ヘッドにおける磁区制御方式の実施形態について、図を用いて説明する。

(実施例1)

図3に本発明に係る磁気抵抗効果素子を、浮上面から見た図を示す。反強磁性膜5によって磁化が固定された軟磁性膜4（固定層と呼ぶ）の上に非磁性層3を挟んで自由層2があり、その上部に自由層の酸化を防止するためのキャップ層1がある。この自由層2の幅を幾何トラック幅 T_{w_geo} と呼ぶ。1から5の磁気抵抗効果積層体の両端はミリング等によって削られ、図3に示すように、浮上面からみると素子は台形状をしている。この素子の両端に下地膜9を挟んで磁石膜からなる磁区制御膜8を配置する。この磁区制御膜は、少なくともPtの原子%が4～30%であるCoPt合金であるか、更にCrの原子%が2～15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO₂もしくはCoCrPt-SiO₂であることを特徴とする磁性膜からなることが望ましい。元素、及びその割合はエネルギー分散型X線分析装置(EDX)を用いることで可能で、そこからBrの値が推定できる。磁区制御膜厚はレジスト形状やIBD等の製膜装置に依存した分布を持っており、素子から遠い部分では均一だが、素子の近傍では薄くなり、磁気抵抗効果積層体の上部に乗り上げるような形状を持つ。ここでは磁区制御膜厚 t は、素子から十分遠い均一部分での膜厚と定義する。この膜厚は走査型電子顕微鏡（SEM）や透過型電子顕微鏡（TEM）で確認することができる。

【0013】

ここで、磁区制御膜が単層である図3に示したようなものだけでなく、図5に示すような非磁性膜を介して反強磁性結合している2枚もしくは3枚の磁性膜からなる磁区制御積層体L1によって磁区制御するような構造でも良い。図5において、台形状の素子の構成は図3と同様だが、その両端部に下地層17を挟んで磁性膜16を配置し、その上部に非磁性膜15を挟んで磁性膜14を置く。磁性膜14の上に非磁

性膜19を積層し、その上部に更に磁性膜18を積層する。磁性膜18の上部に磁性膜18の磁化方向を一方向に固定するための反強磁性膜13を置く。ただし、この反強磁性膜13は、着磁等の条件を工夫することにより使用しないこともできる。その上部に下地層7を挟んで電極層6が配置されている。この下地層7はなくても良い。このような13~19の磁区制御積層体L1によって自由層磁区制御を行う。磁性膜14、磁性膜16、磁性膜18はFeもしくはNiを含有している軟磁性を有する磁性膜であるか、もしくは少なくともPtの原子%が4~30%であるCoPt合金であるか、更にCrの原子%が2~15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO₂もしくはCoCrPt-SiO₂であることを特徴とする磁性膜である。非磁性膜15、非磁性膜19はRu, Cr, Ir, Rh, Os, Re, Au, Ag, Cu もしくはこれらの合金であることを特徴としている。これらの非磁性膜15、19を介してそれぞれ磁性膜16と磁性膜14、磁性膜14と磁性膜18が反強磁性結合する。磁性膜18を最終的な磁区制御磁界がかかる方向と同方向に着磁してやるか、もしくは反強磁性膜13によってこの方向に磁化を揃えてやることで、磁性膜14がこれと反平行に結合し、さらに磁気抵抗効果積層体に最も近い方の磁性膜16が反平行に結合し磁区制御されることにより、自由層の磁区制御が可能になる。磁区制御膜積層体L1を使用する場合、磁化膜厚積は積層体を構成する各磁性膜の磁化膜厚積を用いて定義される。両者が平行の場合は和を取り、反平行の場合は差を取る。例えば図5の場合は、L1を構成する3層の磁性膜の残留磁束密度をBr₁, Br₂, Br₃、膜厚をt₁, t₂, t₃とし、図の矢印に示されるように磁化が向いていたとすると、 $Br \cdot t = Br_1 \cdot t_1 - Br_2 \cdot t_2 + Br_3 \cdot t_3$ となる。ここでもt又はt₁, t₂, t₃は素子から充分離れた、厚さが一定になっている部分での厚さとする。

【0014】

再生ヘッドは磁気記録媒体からの入力磁界を電圧に変換する電磁変換素子である。トランスファーカーブを測定したときに、ヒステリシスやジャンプが発生し線形性が悪い場合、入力に対して出力が二系統に分かれることを意味しており、結果として波形変動や出力の非対称性 (Asymmetry) 異常が発生する。ここで、トランスファーカーブとは入力磁界の大きさとヘッド出力との関係を示したもので、磁気ヘッドの入出力基本特性を表している。トランスファーカーブにヒステ

リシスやジャンプが発生する原因は特に自由層2の磁区制御膜8に接する端部の磁化状態に依存している。そこで、磁区制御条件を変化させたときの自由層の磁化分布を数値計算によって求めた。図7は計算モデルを簡単に説明したものである。図7の上側は磁気抵抗効果ヘッドを浮上面から見たときの右側部分の拡大図、下側の図は自由層2を上から（キャップ層1側から）見たときの簡略図で、細かい四角は計算セルを表している。このように自由層を10nm四方の計算セルに区切り、自由層内部の磁化分布の計算を行った。このとき、自由層2の端部から10nmにあり、かつ素子高さ h_{MR} のちょうど半分の部分 $h_{MR}/2$ の位置にある磁化に注目し、入力磁界がないときの幾何トラック幅 Twr_{geo} 方向に対してなす角度を θ としたときの $\cos \theta$ を M_x と定義した。磁区制御膜8からのバイアスが適切にかかっている場合、磁化はトラック幅方向に揃って単磁区化されており M_x は1に近づく。バイアスが適切にかかっていない場合、磁化は主に自由層2の反磁界によって素子高さ h_{MR} 方向に向くようになり、結果として M_x は減少し完全に素子高さ方向を向いたとき0になる。 M_x が大きい場合の自由層は単磁区化されており、 M_x が小さい場合は分布を持つことになる。

【0015】

図8にBHJと M_x の関係を数値計算した結果を示す。ここで、両者の関係を見るために、磁区制御膜の Br 、膜厚 t 、磁気抵抗効果積層体への乗り上げ量、素子の端部角度などを変数として変化させている。BHJはトランスファーカーブの最大勾配と平均勾配の比であり、BHJ=1のとき最大勾配と平均勾配は等しく、カーブが完全に線形であることを示している。同時に、BHJが大きい程、カーブの線形性が悪いことを示している。これを見ると、磁区制御膜の形状に関わらず両者の傾向は1本の曲線上に乗り、 M_x が大きいほどBHJの値は小さくなり、トランスファーカーブの線形性が良くなっていることがわかる。線形性が良いトランスファーカーブを持つ再生ヘッドは、トランスファーカーブの非線形性が原因の波形変動が発生しない。一方 M_x が小さい場合はBHJが大きく、トランスファーカーブの非線形性が原因の波形変動が発生することになる。実験的には $BHJ \leq 3.0$ でトランスファーカーブはほぼ線形とみなせることがわかっている。よってこの図8から M_x が0.85以上になるような磁区制御磁界を加えればトランスファーカーブは直線に

なり、ジャンプやヒステリシスを生じることなく、安定な出力波形を得ることが出来ることがわかる。このように、ある磁区制御条件の下で計算された M_x の値の大小で、出力の安定性が判断できる。

【0016】

図9に幾何トラック幅 $Twr_{geo}=160nm, 120nm, 80nm$ において、磁区制御膜の磁化膜厚積 $Br \cdot t$ の値を変化させたときの、 M_x の値の変化について結果を示す。ここで、幾何トラック幅 Twr_{geo} と素子高さ h_{MR} の比で定義されるアスペクト比 h_{MR} / Twr_{geo} は固定、再生ギャップ長は $65nm$ 、自由層厚は $3.2nm$ 、固定層厚は $4.0nm$ 、飽和磁束密度はそれぞれ $13125G, 4000G$ である。磁区制御膜は浮上面から見たものを多角形近似し、各辺上に生じる磁極が自由層位置につくる磁界を、シールドを考慮して計算した。磁区制御膜の磁気抵抗効果積層体への乗り上げ量は $12nm$ と非常に小さい値で固定、また積層体の端部角度は固定している。

【0017】

いずれの幾何トラック幅でも $Br \cdot t$ が小さくなるに従い、 M_x は小さくなり、トランスファーカーブの線形性は悪くなっているが、その変化は幾何トラック幅が狭い方が緩やかである。同様な計算を様々な幾何トラック幅について行い、 M_x が閾値 0.85 となるような $Br \cdot t$ の値を縦軸にプロットしたものが図1の白丸である。幾何トラック幅を小さくしていったとき、 $240nm$ から $160nm$ までは M_x が閾値 0.85 となるような必要磁化膜厚積 $Br \cdot t$ の値は線形に減少している。これは幾何トラック幅が小さくなるに従い、自由層の感磁部面積が小さくなり、自由層の磁化が一様に回転し易くなったことが原因と考えられる。しかし、更に $160nm$ より幾何トラック幅が小さくなると、必要磁化膜厚積は従来よりもより急激に減少する。つまり、従来想定されるより、より小さい磁界で磁区制御が出来ていることになる。これは、幾何トラック幅の狭小化に伴い、従来自由層端部付近のみに印加されていた磁区制御磁界が、自由層全体に渡って印加されているためと考えられる。自由層全域に磁区制御磁界が印加されることにより、自由層端部を見ると、従来よりも弱い磁界で M_x が閾値 0.85 に達し、結果として、小さい磁化膜厚積で磁区制御が可能になったものと考えられる。

【0018】

このような従来と異なる変化は、幾何トラック幅が160nmより小さいときに見られた。そこで、 Twr_geo が160nmより小さいときの M_x の閾値を満たすような必要磁化膜厚積の変化を関数で近似したところ、 $Br \cdot t = -2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 116$ となった。ここで、磁区制御膜の磁化膜厚積 $Br \cdot t$ を単位 $G \cdot \mu m$ で表し、幾何トラック幅 Twr_geo を x で表し、単位をnmとした。従来の変化は幾何トラックの減少に対して単調減少であり、 $Br \cdot t = 3.75 \cdot 10^{-1} x + 130$ である。よって図1で指定された領域、 $-2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 116 \leq Br \cdot t < 3.75 \cdot 10^{-1} x + 130$ は、従来条件よりも高出力にも関わらず、出力が安定する領域である。ここで、定義域は $40 \leq x < 160$ で、定義域の最小値はトラック幅形成プロセスを考慮した値である。

【0019】

よって、単層の磁石膜からなる磁区制御膜を持つ上記の構成の磁気抵抗効果ヘッドにおいて、幾何トラック幅と磁区制御膜の磁化膜厚が上記の範囲に含まれていれば、トランスファーカーブにヒステリシスのない、安定した出力を持ち、感度の良い磁気抵抗効果ヘッドが実現できる。

(実施例2)

図3に本発明に係る磁気抵抗効果素子を、浮上面から見た図を示す。反強磁性膜5によって磁化が固定された軟磁性膜4（固定層と呼ぶ）の上に非磁性層3を挟んで自由層2があり、その上部に自由層の酸化を防止するためのキャップ層1がある。この自由層2の幅を幾何トラック幅 Twr_geo と呼ぶ。1から5の磁気抵抗効果積層体の両端はミリング等によって削られ、図3に示すように、浮上面からみると素子は台形状をしている。この素子の両端に下地膜9を挟んで磁石膜からなる磁区制御膜8を配置する。この磁区制御膜は、少なくともPtの原子%が4～30%であるCoPt合金であるか、更にCrの原子%が2～15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO2もしくはCoCrPt-SiO2であることを特徴とする磁性膜からなることが望ましい。元素、及びその割合はエネルギー分散型X線分析装置(EDX)を用いることで可能で、そこからBrの値が推定できる。磁区制御膜厚はレジスト形状やIBD等の製膜装置に依存した分布を持っており、素子から遠い部分では均一だが、素子の近傍では薄くなり、磁気抵抗効果積層体の上部に乗り上げるような形状を持つ。こ

では磁区制御膜厚 t は、素子から十分遠い均一部分での膜厚と定義する。この膜厚は走査型電子顕微鏡 (SEM) や透過型電子顕微鏡 (TEM) で確認することができる。

【 0 0 2 0 】

ここで、磁区制御膜が単層である図3に示したようなものだけでなく、図5に示すような非磁性膜を介して反強磁性結合している2枚もしくは3枚の磁性膜からなる磁区制御積層体L1によって磁区制御するような構造でも良い。図5において、台形状の素子の構成は図3と同様だが、その両端部に下地層17を挟んで磁性膜16を配置し、その上部に非磁性膜15を挟んで磁性膜14を置く。磁性膜14の上に非磁性膜19を積層し、その上部に更に磁性膜18を積層する。磁性膜18の上部に磁性膜18の磁化方向を一方向に固定するための反強磁性膜13を置く。ただし、この反強磁性膜13は、着磁等の条件を工夫することにより使用しないこともできる。その上部に下地層7を挟んで電極層6が配置されている。この下地層7はなくても良い。このような13~19の磁区制御積層体L1によって自由層磁区制御を行う。磁性膜14、磁性膜16、磁性膜18はFeもしくはNiを含有している軟磁性を有する磁性膜であるか、もしくは少なくともPtの原子%が4~30%であるCoPt合金であるか、更にCrの原子%が2~15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO₂もしくはCoCrPt-SiO₂であることを特徴とする磁性膜である。非磁性膜15、非磁性膜19はRu, Cr, Ir, Rh, Os, Re, Au, Ag, Cu もしくはこれらの合金であることを特徴としている。これらの非磁性膜15、19を介してそれぞれ磁性膜16と磁性膜14、磁性膜14と磁性膜18が反強磁性結合する。磁性膜18を最終的な磁区制御磁界がかかる方向と同方向に着磁してやるか、もしくは反強磁性膜13によってこの方向に磁化を揃えてやることで、磁性膜14がこれと反平行に結合し、さらに磁気抵抗効果積層体に最も近い方の磁性膜16が反平行に結合し磁区制御されることにより、自由層の磁区制御が可能になる。磁区制御膜積層体L1を使用する場合、磁化膜厚積は積層体を構成する各磁性膜の磁化膜厚積を用いて定義される。両者が平行の場合は和を取り、反平行の場合は差を取る。例えば図5の場合は、L1を構成する3層の磁性膜の残留磁束密度をBr₁, Br₂, Br₃、膜厚をt₁, t₂, t₃とし、図の矢印に示されるように磁化が向いていたとすると、 $Br \cdot t = Br_1 \cdot t_1 - Br_2 \cdot t_2 + Br_3 \cdot t_3$ となる。ここでも

t 又は t_1 , t_2 , t_3 は素子から充分離れた、厚さが一定になっている部分での厚さとする。

【0 0 2 1】

図8から M_x が0.85以上になるような磁区制御磁界を加えればトランスファーカーブは直線になり、ジャンプやヒステリシスを生じることはなく、安定な出力波形を得ることが出来ることがわかる。ただし、この閾値はトランスファーカーブが直線を保つ限界の値である。製品の特性ばらつき等を考慮すると、望ましくはより厳しい条件の方が良い。図8を見ると、 M_x が0.90以上であるとトランスファーカーブの非線形性を表すBHJはほぼ1となっており、トランスファーカーブがより線形に近づいていることがわかる。よって閾値を0.90とした方がより厳格な条件となる。

【0 0 2 2】

この閾値を用いた場合の、幾何トラック幅に対する必要磁化膜厚積を黒丸でプロットしたものが図2である。この場合、必要磁化膜厚積は M_x が0.85以上の条件と比べて多くなる。閾値の大小に関わらず傾向は似ており、幾何トラック幅が160nmより大きいところでは、必要磁化膜厚積 $Br \cdot t$ はほぼ、直線の変化を示し、これより小さいところでは急激に減少する。 Twr_geo が160nmより小さいときの M_x の閾値を満たすような必要磁化膜厚積の変化を関数で近似したところ、 $Br \cdot t = -2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 151$ となった。ここで、磁区制御膜の磁化膜厚積 $Br \cdot t$ を単位 $G \cdot \mu m$ で表し、幾何トラック幅 Twr_geo を x で表し、単位をnmとした。従来の変化は幾何トラックの減少に対して単調減少であり、 $Br \cdot t = 3.75 \cdot 10^{-1} x + 165$ である。よって図2で指定された領域 $-2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 151 \leq Br \cdot t < 3.75 \cdot 10^{-1} x + 165$ は、従来条件よりも高出力にも関わらず、出力が安定する領域である。ここで、定義域は $40 \leq x < 160$ で、定義域の最小値はトラック幅形成プロセスを考慮した値である。

【0 0 2 3】

よって、単層の磁石膜からなる磁区制御膜を持つ上記の構成の磁気抵抗効果ヘッドにおいて、幾何トラック幅と磁区制御膜の磁化膜厚が上記の範囲に含まれていれば、トランスファーカーブにヒステリシスのない、安定した出力を持ち、感

度の良い磁気抵抗効果ヘッドが実現できる。

(実施例3)

図4に本発明に係る磁気抵抗効果素子を、浮上面から見た図を示す。自由層2の上に非磁性層3を挟んで反強磁性膜5によって磁化が固定された軟磁性膜4（固定層と呼ぶ）がある。その上部にキャップ膜1がある。この自由層2の幅を幾何トラック幅 T_{wr_geo} と呼ぶ。1から5の磁気抵抗効果積層体の両端はミリング等によって削られ、図4に示すように、浮上面からみると素子は台形状をしている。この素子の両端に下地膜9を挟んで磁石膜からなる磁区制御膜8を配置する。この磁区制御膜は、少なくともPtの原子%が4～30%であるCoPt合金であるか、更にCrの原子%が2～15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO₂もしくはCoCrPt-SiO₂であることを特徴とする磁性膜からなることが望ましい。元素、及びその割合はエネルギー分散型X線分析装置(EDX)を用いることで可能で、そこからBrの値が推定できる。磁区制御膜厚はレジスト形状やIBD等の製膜装置に依存した分布を持っており、素子から遠い部分では均一だが、素子の近傍では薄くなり、磁気抵抗効果積層体の上部に乗り上げるような形状を持つ。ここでは磁区制御膜厚 t は、素子から十分遠い均一部分での膜厚と定義する。この膜厚は走査型電子顕微鏡（SEM）や透過型電子顕微鏡（TEM）で確認することができる。

【 0 0 2 4 】

ここで、磁区制御膜が単層である図4に示したようなものだけでなく、図6に示すような非磁性膜を介して反強磁性結合している2枚もしくは3枚の磁性膜からなる磁区制御積層体L1によって磁区制御するような構造でも良い。図5において、台形状の素子の構成は図4と同様だが、その両端部に下地層17を挟んで磁性膜16を配置し、その上部に非磁性膜15を挟んで磁性膜14を置く。磁性膜14の上に非磁性膜19を積層し、その上部に更に磁性膜18を積層する。磁性膜18の上部に磁性膜18の磁化方向を一方向に固定するための反強磁性膜13を置く。ただし、この反強磁性膜13は、着磁等の条件を工夫することにより使用しないこともできる。その上部に下地層7を挟んで電極層6が配置されている。この下地層7はなくても良い。このような13～19の磁区制御積層体L1によって自由層磁区制御を行う。磁性膜14、磁性膜16、磁性膜18はFeもしくはNiを含有している軟磁性を有する磁性膜で

あるか、もしくは少なくともPtの原子%が4~30%であるCoPt合金であるか、更にCrの原子%が2~15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO₂もしくはCoCrPt-SiO₂であることを特徴とする磁性膜である。非磁性膜15、非磁性膜19はRu, Cr, Ir, Rh, Os, Re, Au, Ag, Cu もしくはこれらの合金であることを特徴としている。これらの非磁性膜15、19を介してそれぞれ磁性膜16と磁性膜14、磁性膜14と磁性膜18が反強磁性結合する。磁性膜18を最終的な磁区制御磁界がかかる方向と同方向に着磁してやるか、もしくは反強磁性膜13によってこの方向に磁化を揃えてやることで、磁性膜14がこれと反平行に結合し、さらに磁気抵抗効果積層体に最も近い方の磁性膜16が反平行に結合し磁区制御されることにより、自由層の磁区制御が可能になる。磁区制御膜積層体L1を使用する場合、磁化膜厚積は積層体を構成する各磁性膜の磁化膜厚積を用いて定義される。両者が平行の場合は和を取り、反平行の場合は差を取る。例えば図6の場合は、L1を構成する3層の磁性膜の残留磁束密度をBr₁, Br₂, Br₃、膜厚をt₁, t₂, t₃とし、図の矢印に示されるように磁化が向いていたとすると、 $Br \cdot t = Br_1 \cdot t_1 - Br_2 \cdot t_2 + Br_3 \cdot t_3$ となる。ここでもt又はt₁, t₂, t₃は素子から充分離れた、厚さが一定になっている部分での厚さとする。

【 0 0 2 5 】

図8からM_xが0.85以上になるような磁区制御磁界を加えればトランスファーカーブは直線になり、ジャンプやヒステリシスを生じることはなく、安定な出力波形を得ることが出来ることがわかる。この閾値を用いた場合の、幾何トラック幅に対する必要磁化膜厚積のグラフは実施例1と同様に図1の白丸で表せる。

【 0 0 2 6 】

ここで、磁区制御膜の磁化膜厚積 $Br \cdot t$ を単位G・μmで表し、幾何トラック幅Tw_{r_geo}をxで表し、単位をnmとしたとき、図1で指定された領域 $-2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 116 \leq Br \cdot t < 3.75 \cdot 10^{-1} x + 130$ は、従来条件よりも高出力にも関わらず、出力が安定する領域である。ここで、定義域は $40 \leq x < 160$ で、定義域の最小値はトラック幅形成プロセスを考慮した値である。

【 0 0 2 7 】

よって、単層の磁石膜からなる磁区制御膜を持つ上記の構成の磁気抵抗効果へ

ッドにおいて、幾何トラック幅と磁区制御膜の磁化膜厚が上記の範囲に含まれていれば、トランスファーカーブにヒステリシスのない、安定した出力を持ち、感度の良い磁気抵抗効果ヘッドが実現できる。

(実施例4)

図4に本発明に係る磁気抵抗効果素子を、浮上面から見た図を示す。自由層2の上に非磁性層3を挟んで反強磁性膜5によって磁化が固定された軟磁性膜4（固定層と呼ぶ）がある。その上部にキャップ膜1がある。この自由層2の幅を幾何トラック幅 Twr_{geo} と呼ぶ。1から5の磁気抵抗効果積層体の両端はミリング等によって削られ、図4に示すように、浮上面からみると素子は台形状をしている。この素子の両端に下地膜9を挟んで磁石膜からなる磁区制御膜8を配置する。この磁区制御膜は、少なくともPtの原子%が4～30%であるCoPt合金であるか、更にCrの原子%が2～15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO₂もしくはCoCrPt-SiO₂であることを特徴とする磁性膜からなることが望ましい。元素、及びその割合はエネルギー分散型X線分析装置(EDX)を用いることで可能で、そこからBrの値が推定できる。磁区制御膜厚はレジスト形状やIBD等の製膜装置に依存した分布を持っており、素子から遠い部分では均一だが、素子の近傍では薄くなり、磁気抵抗効果積層体の上部に乗り上げるような形状を持つ。ここでは磁区制御膜厚 t は、素子から十分遠い均一部分での膜厚と定義する。この膜厚は走査型電子顕微鏡（SEM）や透過型電子顕微鏡（TEM）で確認することができる。

【0028】

ここで、磁区制御膜が単層である図4に示したようなものだけでなく、図6に示すような非磁性膜を介して反強磁性結合している2枚もしくは3枚の磁性膜からなる磁区制御積層体L1によって磁区制御するような構造でも良い。図5において、台形状の素子の構成は図4と同様だが、その両端部に下地層17を挟んで磁性膜16を配置し、その上部に非磁性膜15を挟んで磁性膜14を置く。磁性膜14の上に非磁性膜19を積層し、その上部に更に磁性膜18を積層する。磁性膜18の上部に磁性膜18の磁化方向を一方向に固定するための反強磁性膜13を置く。ただし、この反強磁性膜13は、着磁等の条件を工夫することにより使用しないこともできる。その上部に下地層7を挟んで電極層6が配置されている。この下地層7はなくても良い

。このような13～19の磁区制御積層体L1によって自由層磁区制御を行う。磁性膜14、磁性膜16、磁性膜18はFeもしくはNiを含有している軟磁性を有する磁性膜であるか、もしくは少なくともPtの原子%が4～30%であるCoPt合金であるか、更にCrの原子%が2～15%であるCoCrPt合金もしくはCoCrPt-ZrO₂もしくはCoCrPt-SiO₂であることを特徴とする磁性膜である。非磁性膜15、非磁性膜19はRu, Cr, Ir, Rh, Os, Re, Au, Ag, Cu もしくはこれらの合金であることを特徴としている。これらの非磁性膜15、19を介してそれぞれ磁性膜16と磁性膜14、磁性膜14と磁性膜18が反強磁性結合する。磁性膜18を最終的な磁区制御磁界がかかる方向と同方向に着磁してやるか、もしくは反強磁性膜13によってこの方向に磁化を揃えてやることで、磁性膜14がこれと反平行に結合し、さらに磁気抵抗効果積層体に最も近い方の磁性膜16が反平行に結合し磁区制御されることにより、自由層の磁区制御が可能になる。磁区制御膜積層体L1を使用する場合、磁化膜厚積は積層体を構成する各磁性膜の磁化膜厚積を用いて定義される。両者が平行の場合は和を取り、反平行の場合は差を取る。例えば図6の場合は、L1を構成する3層の磁性膜の残留磁束密度をBr₁, Br₂, Br₃、膜厚をt₁, t₂, t₃とし、図の矢印に示されるように磁化が向いていたとすると、 $Br \cdot t = Br_1 \cdot t_1 - Br_2 \cdot t_2 + Br_3 \cdot t_3$ となる。ここでもt又はt₁, t₂, t₃は素子から充分離れた、厚さが一定になっている部分での厚さとする。

【0 0 2 9】

図8からM_xが0.85以上になるような磁区制御磁界を加えればトランスファーカーブは直線になり、ジャンプやヒステリシスを生じることはなく、安定な出力波形を得ることが出来ることがわかる。ただし、この閾値はトランスファーカーブが直線を保つ限界の値である。製品の特性ばらつき等を考慮すると、望ましくはより厳しい条件の方が良い。図8を見ると、M_xが0.90以上であるとトランスファーカーブの非線形性を表すBHJはほぼ1となっており、トランスファーカーブがより線形に近づいていることがわかる。よって閾値を0.90とした方がより厳格な条件となる。

【0 0 3 0】

この閾値を用いた場合の、幾何トラック幅に対する必要磁化膜厚積を黒丸でプ

ロットしたものが図2である。この場合、必要磁化膜厚積は M_x が0.85以上の条件と比べて多くなる。閾値の大小に関わらず傾向は似ており、幾何トラック幅が160nmより大きいところでは、必要磁化膜厚積 $Br \cdot t$ はほぼ、直線の変化を示し、これより小さいところでは急激に減少する。 Tw_{geo} が160nmより小さいときの M_x の閾値を満たすような必要磁化膜厚積の変化を関数で近似したところ、 $Br \cdot t = -2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 151$ となった。ここで、磁区制御膜の磁化膜厚積 $Br \cdot t$ を単位 $G \cdot \mu m$ で表し、幾何トラック幅 Tw_{geo} を x で表し、単位をnmとした。従来の変化は幾何トラックの減少に対して単調減少であり、 $Br \cdot t = 3.75 \cdot 10^{-1} x + 165$ である。よって図2で指定された領域 $-2.94 \cdot 10^{-4} x^3 + 8.54 \cdot 10^{-2} x^2 - 5.73x + 151 \leq Br \cdot t < 3.75 \cdot 10^{-1} x + 165$ は、従来条件よりも高出力にも関わらず、出力が安定する領域である。ここで、定義域は $40 \leq x < 160$ で、定義域の最小値はトラック幅形成プロセスを考慮した値である。

【0031】

よって、単層の磁石膜からなる磁区制御膜を持つ上記の構成の磁気抵抗効果ヘッドにおいて、幾何トラック幅と磁区制御膜の磁化膜厚が上記の範囲に含まれていれば、トランスファーカーブにヒステリシスのない、安定した出力を持ち、感度の良い磁気抵抗効果ヘッドが実現できる。

(実施例5)

図12に、上述の磁区制御構造を持つ再生ヘッドを組み込んだ磁気ヘッドの全体図を示す。下部シールド34の上部に絶縁層35を介して磁気抵抗効果を有する磁気抵抗効果積層体36があり、その両端斜面に隣接して磁区制御膜8もしくは磁区制御積層体L1があり、その上に電極6がある。電極6の上部に絶縁層37を介して上部シールド38がある。38の上部に絶縁層39を介して下部磁極40aがある。下部磁極の一部は突起状の構造40bをなしており、この部分で記録動作を行う。下部磁極40aの上部にはコイル42と上部磁極41a、41bがある。上部磁極41aの先端部は浮上面からリセスされており、上部磁極41bの先端より奥に入った構造をなす。上部磁極を41a、41bのように分割することにより、コイル42を流れる電流によって磁極内に発生する磁束を効果的に先端部分に集め、記録特性を向上させることが出来る。

【0032】

この書き込みヘッド（ライトヘッド）は主磁極と副磁極を有する垂直記録用のものでも良い。

【0033】

本発明の再生ヘッドを磁気ヘッドに用い、磁区制御膜の磁化膜厚積を、幾何トラック幅に対して本発明で規定した値に最適化することによって、書き込みヘッドによって書かれた磁気データを安定に高出力で再生することが出来るので、磁気ディスク装置は、トラック幅の狭い磁気ディスクを用いることができ、高密度磁気記録を実現することができる。

（実施例6）

図13に、本発明の磁区制御構造を持つ磁気ヘッドを組み込んだ磁気ディスク装置の全体図を示す。磁気記録装置は、スピンドルモータ51によって回転するスピンドル52に備え付けられた情報を記録する磁気ディスク53を有し、ヴォイスコイルモータ55によって駆動されるロータリー・アクチュエータ・アーム56にサスペンション57が接続し、サスペンション57がスライダ58を保持し、スライダ58が磁気ヘッド54をディスク面に対して動くように取り付けられるように具備され、磁気ヘッド54がディスク上のトラックの磁気データを読み書きする。

【0034】

本発明の磁気ヘッド54を磁気ディスク装置に用いて、磁区制御膜の磁化膜厚積を幾何トラック幅に対して最適化することによって、磁気ディスク53上の磁気データを安定に高出力で記録再生を行うことが出来るので、磁気ディスク装置は、トラック幅の狭い磁気ディスクを用いることができ、高密度磁気記録を実現することができる。

【0035】**【発明の効果】**

幾何トラック幅に対し、本発明で規定されたような磁化膜厚積を持つ磁区制御膜を用いることで、トランスファーカーブにヒステリシスのない、安定した出力の磁気抵抗効果ヘッドを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一、第三の実施形態における、 $M_x \geq 0.85$ の出力安定条件を満たすような、幾何トラック幅 Twr_{geo} と磁化膜厚積の範囲を示したグラフである。

【図 2】本発明の第二、第四の実施形態における、より厳しい $M_x \geq 0.90$ の出力安定条件を満たすような、幾何トラック幅 Twr_{geo} と磁化膜厚積の範囲を示したグラフである。

【図 3】本発明の第一、第二の実施形態であり、反強磁性膜が自由層の下側に位置するボトム型の磁気抵抗効果素子を浮上面から見た構造を示したものである。

【図 4】本発明の第三、第四の実施形態であり、反強磁性膜が自由層の上側に位置するトップ型の磁気抵抗効果素子を浮上面から見た構造を示したものである。

【図 5】本発明の第一、第二の別の実施形態であり、反強磁性膜が自由層の下側に位置するボトム型の磁気抵抗効果素子であり、積層膜からなる磁区制御膜を持つ磁気抵抗効果素子を、浮上面から見た構造を示したものである。

【図 6】本発明の第三、第四の別の実施形態であり、反強磁性膜が自由層の上側に位置するトップ型の磁気抵抗効果素子であり、積層膜からなる磁区制御膜を持つ磁気抵抗効果素子を、浮上面から見た構造を示したものである。

【図 7】磁気抵抗効果素子を浮上面からみたときの簡略図、及び細かいセルに区切られた自由層の計算モデル、及び出力の安定性の指標である M_x の定義を説明するための図である。

【図 8】出力の安定性の指標である M_x 値と、トランスファーカーブの非線形性の指標であるBHJの相関を示した図である。

【図 9】磁区制御膜の磁化膜厚積を変えたときの M_x 値の変化の例を示したグラフである。

【図 10】従来の磁石膜を用いた磁区制御方式を示した図である。

【図 11】従来の反強磁性膜を用いた磁区制御方式を示した図である。

【図 12】本発明の磁区制御構造をもつ再生ヘッドを組み込んだ磁気ヘッド（再生ヘッドと記録ヘッド）の全体図である。

【図 13】本発明の磁区制御構造をもつ磁気ヘッドを組み込んだ磁気ディスク装置の全体図である。

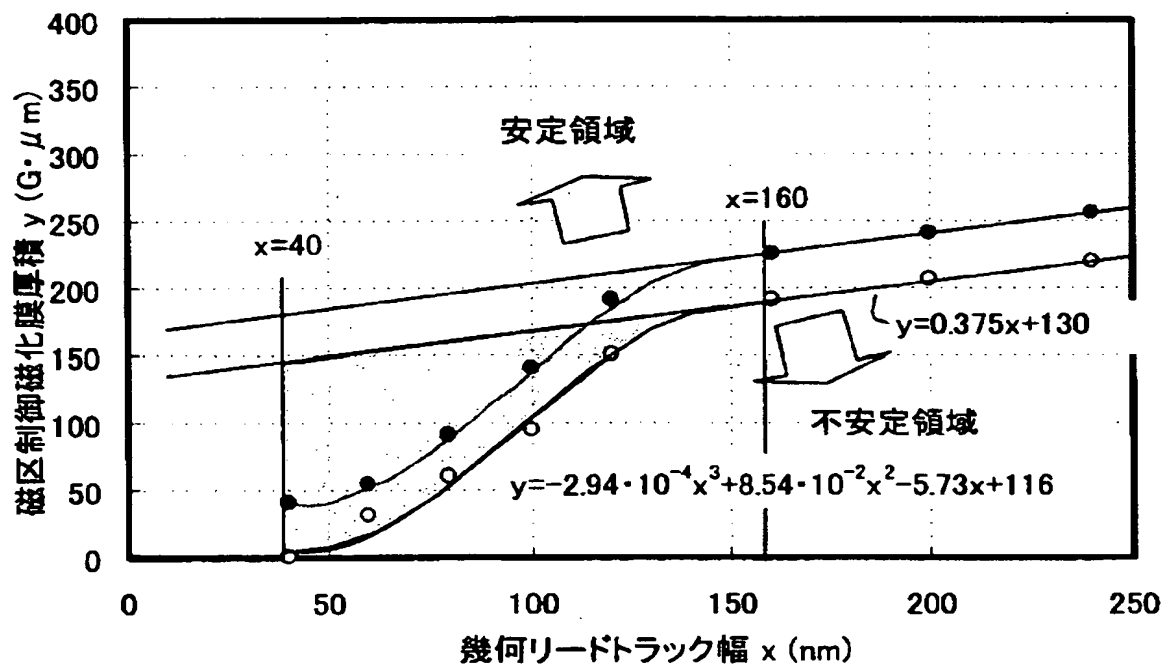
【符号の説明】

1・・・キャップ層、2・・・自由層、3・・・非磁性層、4・・・固定層、5・・・反強磁性層、6,10・・・電極膜、7,11・・・電極膜の下地膜、8・・・磁区制御磁性膜、9・・・下地膜、12・・・磁区制御反強磁性膜、13・・・反強磁性膜、14、16、18・・・磁区制御軟磁性膜、15、19・・・非磁性膜、33・・・自由層の下地膜、 T_{wr_geo} ・・・幾何トラック幅、 T_w ・・・感磁部領域幅、 h_{MR} ・・・素子高さ、ヘッド高さ、 Br 、 Br_1 、 Br_2 、 Br_3 ・・・磁区制御磁性膜の残留磁束密度、 t 、 t_1 、 t_2 、 t_3 ・・・磁区制御膜厚、 $Br \cdot t$ ・・・磁化膜厚積、 L_1 ・・・磁区制御積層体、 M ・・・自由層磁化、 M_x ・・・自由層磁化角度で定義された出力安定性指標、 BHJ ・・・トランスファーカーブの線形性を表す指標、34・・・下部シールド、35・・・絶縁層、36・・・磁気ヘッド、37・・・絶縁層、38・・・上部シールド、39・・・絶縁層、40a・・・下部磁極、40b・・・下部磁極ノッチ、41a・・・上部磁極、41b・・・上部磁極先端部、42・・・コイル、51・・・スピンドルモータ、52・・・スピンドル、53・・・磁気ディスク（磁気記録媒体）、54・・・磁気ヘッド、55・・・ヴォイスコイルモータ、56・・・ロータリー・アクチュエータ・アーム、57・・・サスペンション、58・・・スライダ

【書類名】 図面

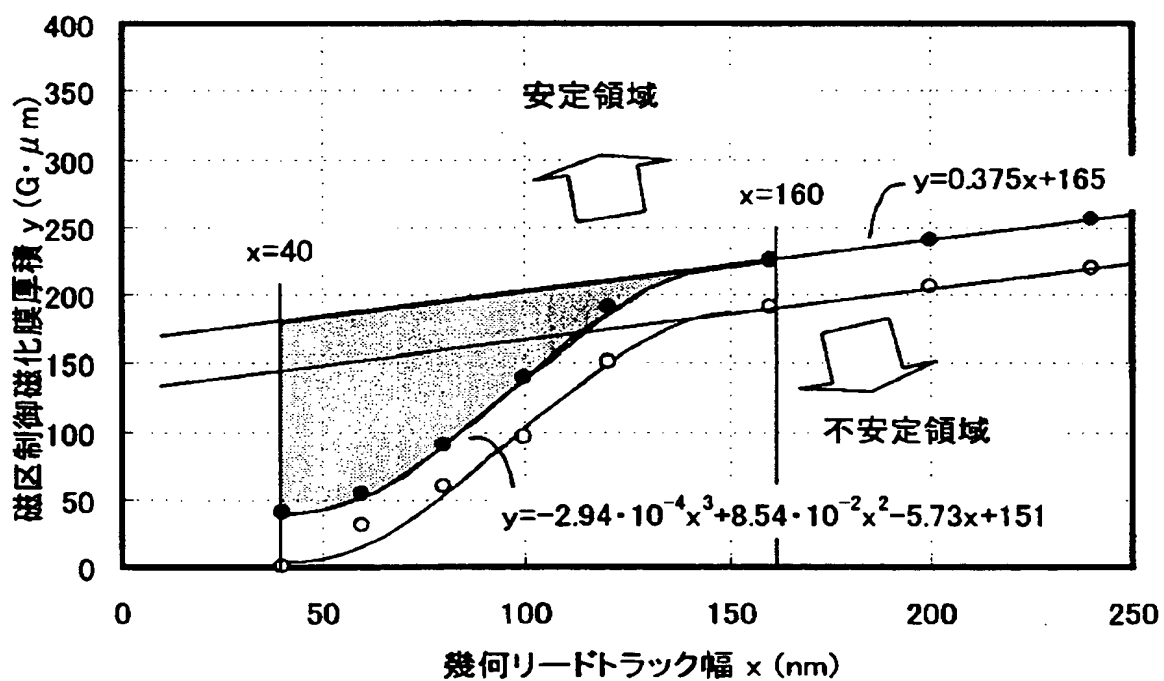
【図 1】

【図 1】



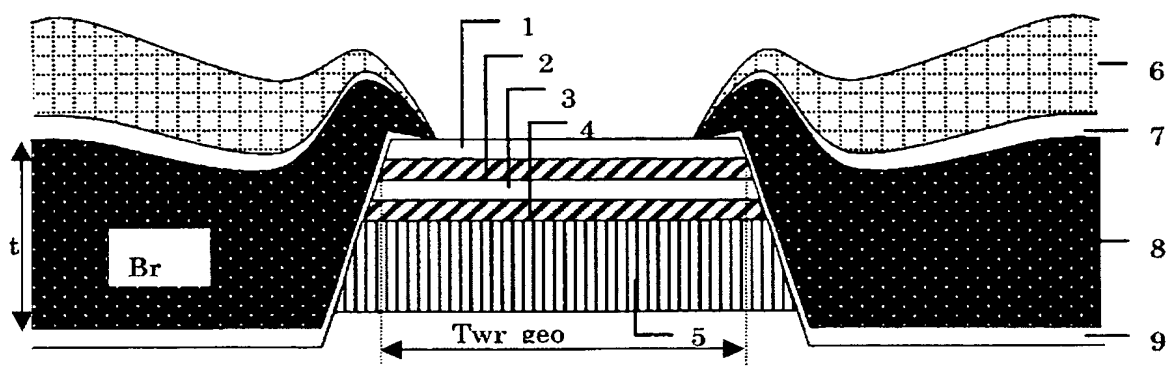
【図 2】

【図 2】



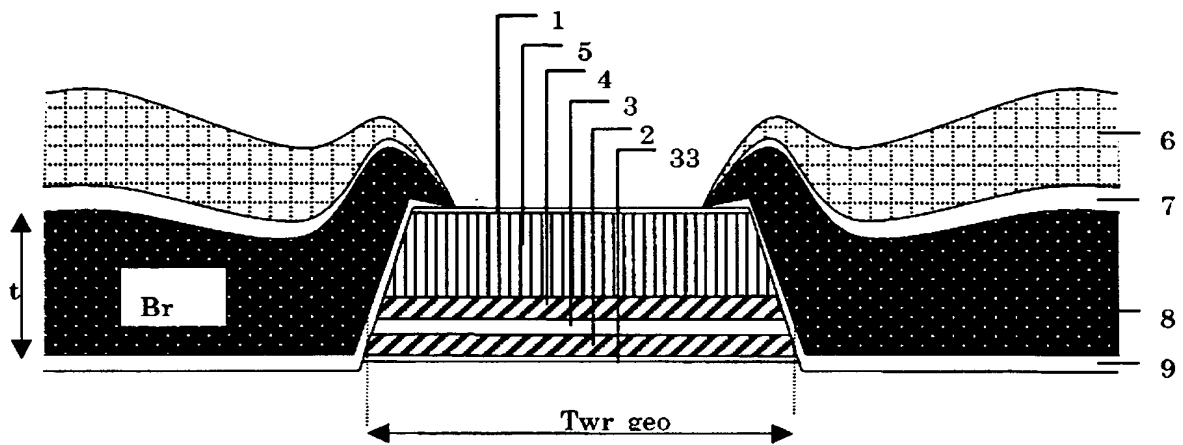
【図 3】

【図 3】



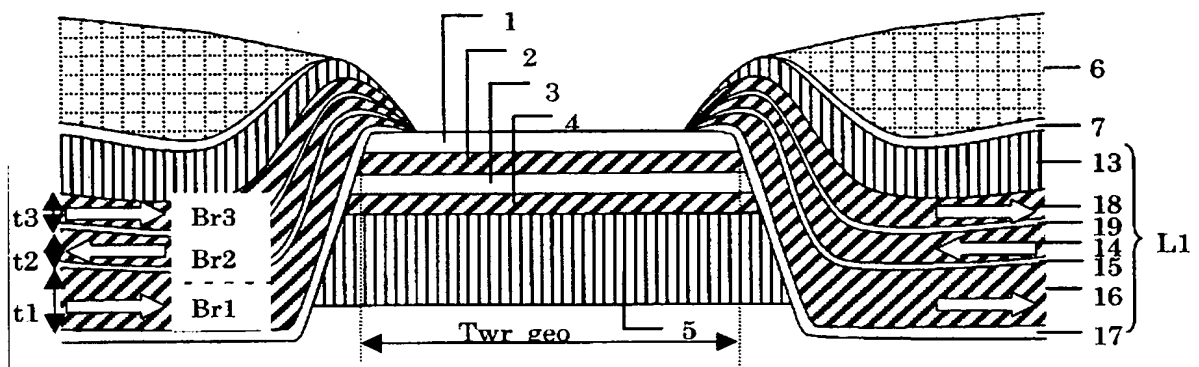
【図 4】

【図 4】



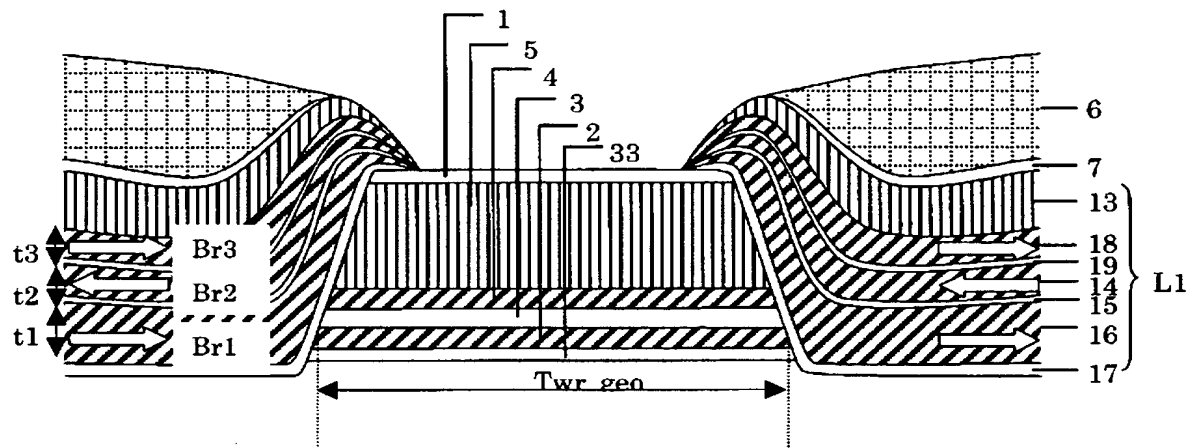
【図 5】

【図 5】



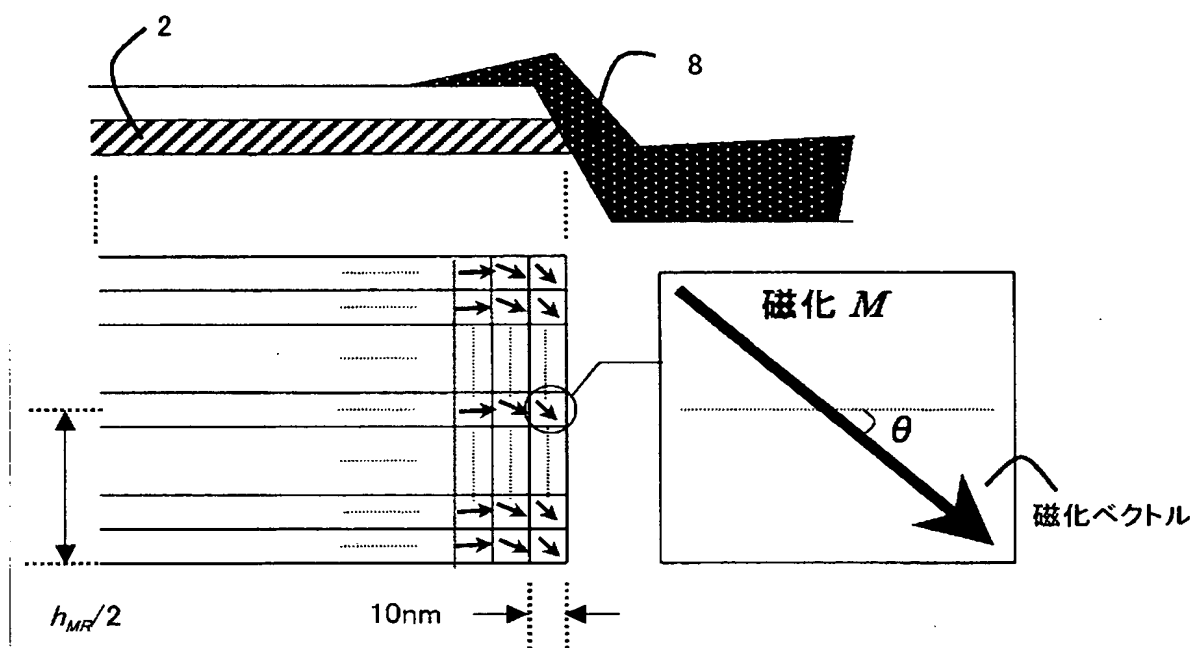
【図 6】

【図 6】



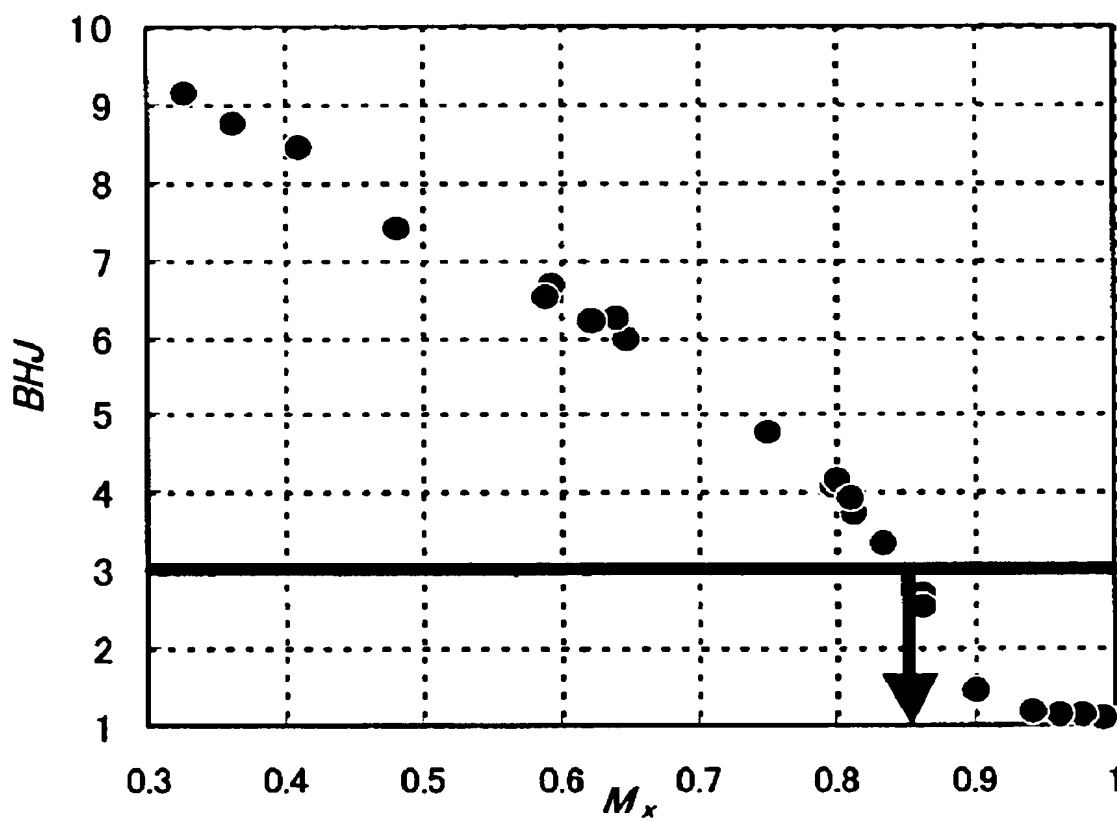
【図 7】

【図 7】



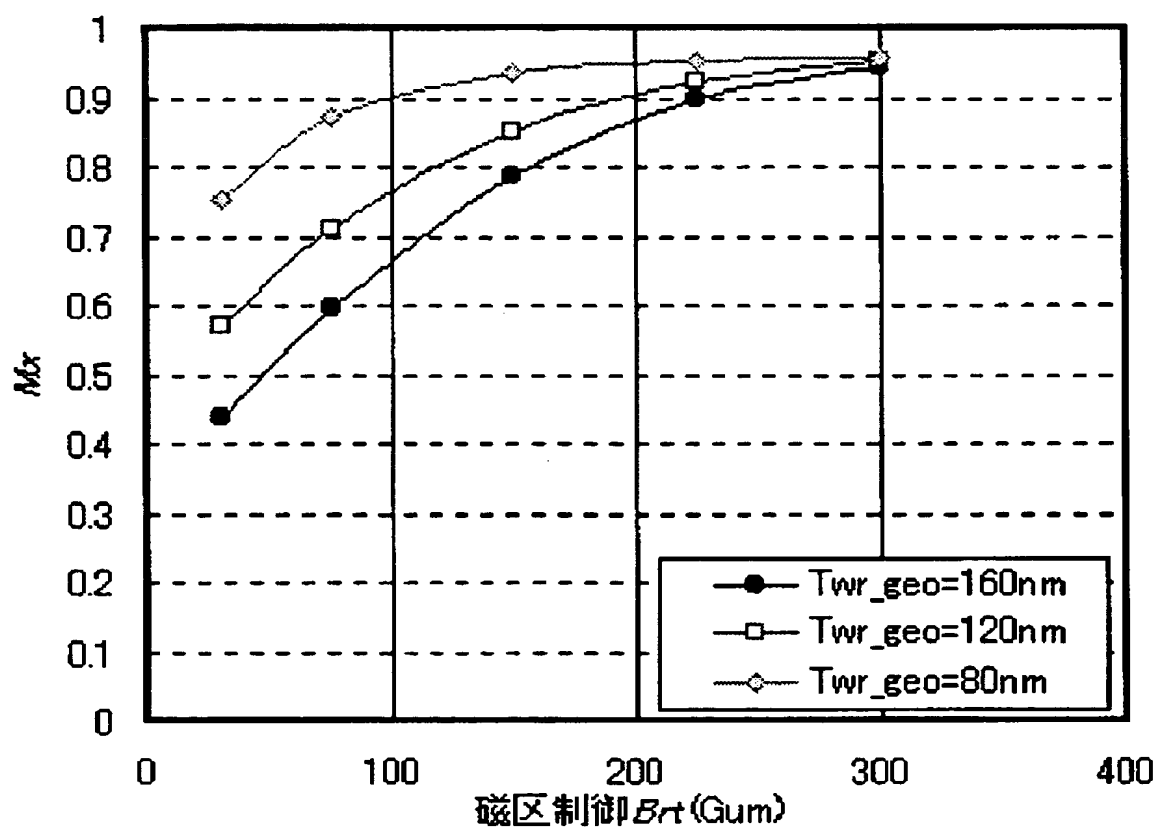
【図 8】

【図 8】



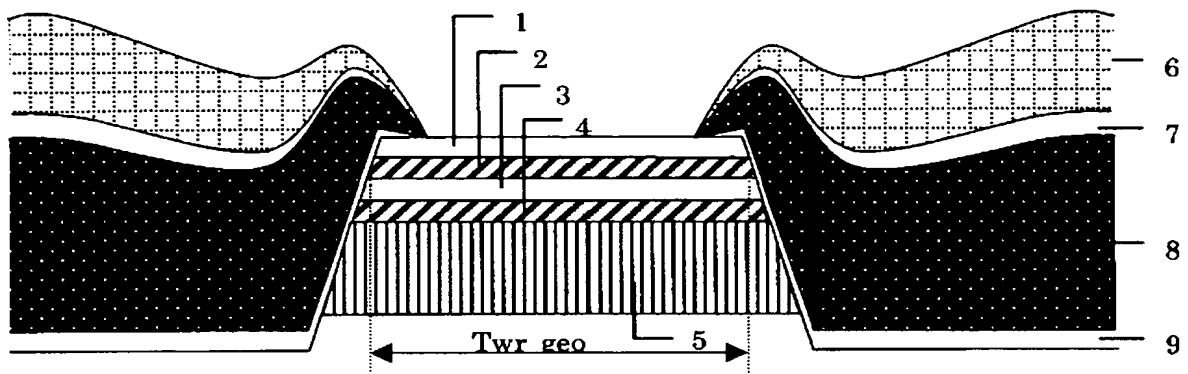
【図 9】

【図 9】



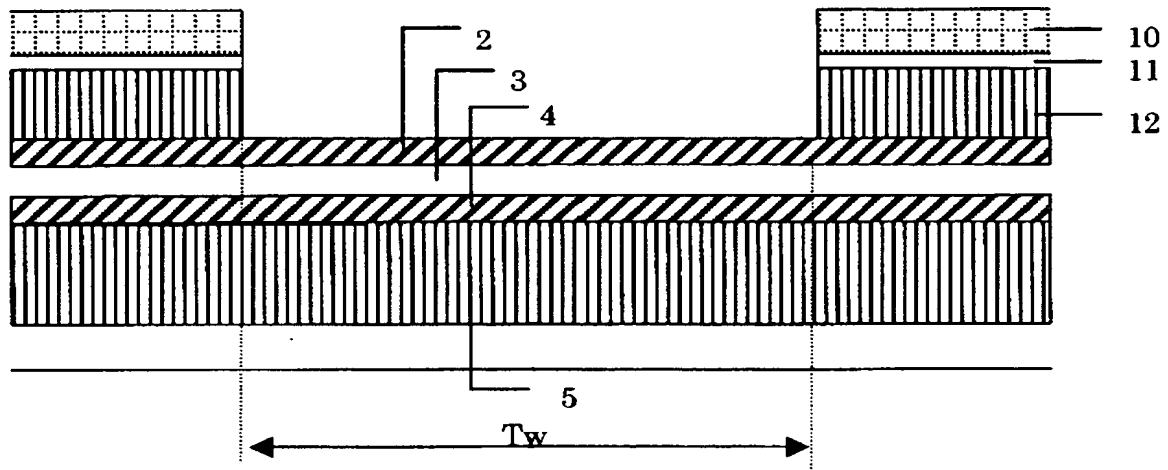
【図 10】

【図 10】



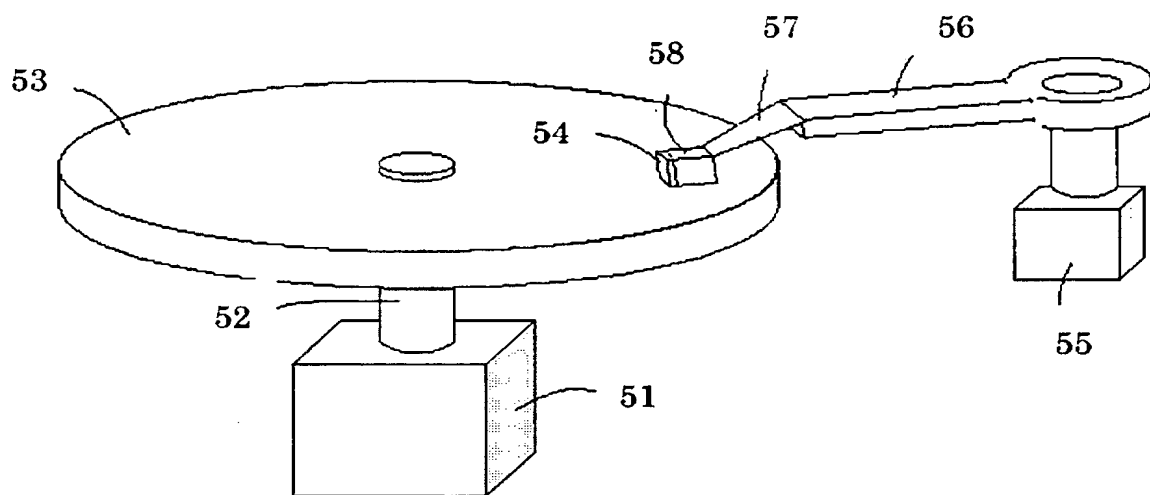
【図 11】

【図 11】



【図 13】

【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

自由層の両側に磁性膜からなる磁区制御膜を配置する磁区制御方式では、出力安定性が高く、高出力な磁気ヘッドの実現のためには、磁区制御膜の磁化膜厚積を最適化する必要がある。近年の磁気ヘッドのトラック幅は非常に狭く、磁区制御膜近傍のみならず自由層全体に渡って磁区制御磁界が印加されるため、磁化膜厚積条件を厳密に求める必要がある。

【解決手段】

本発明は、単層磁性膜もしくは非磁性体を介して反強磁性結合した磁性膜からなる磁区制御膜を持つ狭トラック磁気抵抗効果ヘッドにおいて、従来予想されるより小さい磁化膜厚積で磁区制御が可能であることを見出し、その範囲を幾何トラック幅に対して規定した。磁区制御膜の磁化膜厚積を本発明の規定範囲内にすることで、従来よりも出力大であり、かつトランスファーカーブにヒステリシスがなく出力変動のない安定な出力を持つような磁気ヘッドを実現できる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 6 0 7 9 1
受付番号	5 0 3 0 0 3 7 0 2 9 4
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 5 年 3 月 1 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 15 年 3 月 7 日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 6 0 7 9 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所